



Mulige effekter ved Bus Rapid Transit (BRT)

Andersen, Jonas Lohmann Elkjær; Anderson, Marie Karen; Christiansen, Hjalmar; Ingvardson, Jesper Bláfoss; Sylvan, Henrik; Nielsen, Otto Anker

Publication date:
2017

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Andersen, J. L. E., Anderson, M. K., Christiansen, H., Ingvardson, J. B., Sylvan, H., & Nielsen, O. A. (2017). *Mulige effekter ved Bus Rapid Transit (BRT)*.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Mulige effekter ved Bus Rapid Transit (BRT)

Jonas Lohmann Elkjær Andersen, Marie Karen Anderson, Hjalmar Christiansen, Jesper Bláfoss Ingvardson, Henrik Sylvan og Otto Anker Nielsen

Juni 2017

Mulige effekter ved Bus Rapid Transit (BRT)

Juni 2017

Af Jonas Lohmann Elkjær Andersen, Marie Karen Anderson, Hjalmar Christiansen, Jesper Bláfoss Ingvarðson, Henrik Sylvan og Otto Anker Nielsen

Copyright: Hel eller delvis gengivelse af denne publikation er tilladt med kildeangivelse

Forsidefoto: Transport DTU

Udgivet af: Transport DTU
Bygningstorvet 116B
2800 Kgs. Lyngby

Rekvireres: www.transport.dtu.dk

Indholdsfortegnelse

1.	Indledning	4
2.	Analyser af 2 busruter med Transportvaneundersøgelsen.....	6
2.1	Datagrundlaget	6
2.2	Nørre Campus / "Den Kvikke Vej"	6
2.3	Aalborg busvej / Bertil Ohlins Vej	7
2.4	Diskussion og konklusion	8
3.	Regressionsberegninger med Transportvaneundersøgelsen .	9
3.1	Resultater	9
3.2	Diskussion og konklusion	11
4.	Beregninger med Landstrafikmodellen.....	13
4.1	Beregning af BRT-modificerede linjer	14
4.2	Konfiguration af BRT-modificerede linjer.....	14
4.3	BRT med "skinnefaktor"	19
4.4	Beregningsforudsætninger	19
4.5	Modelresultater	20
4.6	Diskussion og konklusion	22
5.	Konklusion og videre arbejde	23
6.	Referencer	24

1. Indledning

Fingerplanen for Hovedstadsområdet fastlægger den overordnede ramme for områdets regionale udvikling og fysiske planlægning. Formålet med fingerplanen er at sikre, at den kommunale planlægning i Hovedstadsområdet sker på grundlag af vurderinger af udviklingen og i henhold til fingerbystrukturen. Et af principperne i fingerbystrukturen er stationsnærhedsprincippet, som har til formål at fremme brugen af kollektiv transport og reducere bilkørsel i håndfladen og byfingrene.

Denne rapport sigter på at gøre en første vurdering af, om der er grundlag for at få ændret stationsnærhedsprincippet til at omfatte stoppesteder/stationer for en højklasset Bus Rapid Transit, dvs. BRT-betjening.

BRT er et interessant alternativ til metro og letbaner, idet der kan opnås sammenlignelige "level of service"-niveauer på basis af en mindre investering. Erfaringer har vist, at frekvens og rejsetid samt faciliteter som cykelparkering, overdækning mv. har betydning for en stations/et stoppesteds markedsandele i forhold til øvrige transportformer. Nærheden til en station/stoppested og designet af stationen/stoppestedet har betydning for de rejsendes transportmønstre og bilejerskab (Dyrberg & Christensen, 2015; Anderson, 2013; Halldórsdóttir, 2015).

Formålet med denne rapport er at vurdere, hvor langt rejsende er villige til at gå for at benytte en BRT-linje og om rejsende er tilbøjelige til at vælge BRT frem for bil. Rapporten vil bl.a. komme ind på:

- 1) Oplandsstørrelser for forskellige kollektive trafiktyper, bl.a. højklasset bus og skinnebåren transport
- 2) Tilbøjeligheden til at gå til nærmeste busstop efter indførelsen af elementer fra BRT-systemet baseret på danske erfaringer
- 3) Systemeffekten af en BRT-løsning på en specifik strækning fra Glostrup til Ny Ellebjerg beregnet i Landstrafikmodellen.

Der er i Danmark ikke implementeret BRT-linjer i en 100% dedikeret (eksklusiv) løsning, hvorfor analysen må foretages dels på baggrund af data for lignende projekter, dels som teoretiske beregninger.

Rapporten analyserer den mulige effekt af en BRT-linje eller et BRT-system ud fra 3 forskellige analysevinkler.

I afsnit 2 analyseres ved hjælp af Transportvaneundersøgelsen, hvorvidt der kan påvises en effekt af de 2 eksisterende BRT-lignende busruter i Danmark, henholdsvis "Den Kvikke Vej" i København og Bertil Ohlins Vej i Aalborg.

Derefter analyseres i afsnit 3 gangvilligheden til højklassede busstop ved hjælp af en regressionsanalyse med Transportvaneundersøgelsen, efter samme principper som i rapporten *Internationale og nationale erfaringer for effekten af forskellige typer højklasset kollektiv transport og tæthed til stationer og standsningssteder* (Nielsen m.fl., 2016).

Videre i afsnit 4 beregnes med Landstrafikmodellen virkningen af et konkret forslag til BRT-linje i Storkøbenhavn.

2. Analyser af 2 busruter med Transportvaneundersøgelsen

2.1 Datagrundlaget

Transportvaneundersøgelsen (TU) er en løbende national kortlægningsundersøgelse af danskernes transportadfærd. Undersøgelsen indsamler cirka 10.000 interview hvert år med tilfældigt udvalgte danskere, over temaet "Hvorledes transporterede du dig i går" samt en række baggrundsvARIABLE. Samlet indeholder interviewdatabasen 142.767 interview fra perioden maj 2006 til december 2016.

En delmængde af disse data kan henføres til "Den Kvikke Vej" ved Nørre Campus i København og Bertil Ohlins Vej i Aalborg til og fra Aalborg Universitet. Begge disse BRT-lignende projekter er etableret i perioden med løbende indsamling af TU-data. På dette grundlag er det muligt at analysere effekten som kollektiv markedsandel i nærområdet omkring hvert af projekterne, før og efter.

2.2 Nørre Campus / "Den Kvikke Vej"

I København ved Nørre Campus har Trafikselskabet Movia og Københavns Kommune i samarbejde etableret "Den Kvikke Vej", hvilket er et BRT-lignende setup, hvor flere af de elementer, der indgår i et BRT-system, er indarbejdet. Der er bl.a. etableret en adskilt busbane i hver retning i midten af vejen på strækningen fra Fredensbro til krydset ved Lyngbyvej/Haraldsgade. Ud over busbanen har strækningen busprioritet i signalanlæg på strækningen, stoppesteder i niveau med bussen for at sikre hurtigere på- og afstigning, samt høj frekvens i dagtimerne. Som et forsøg var der derudover etableret rejsekortlæsere på stoppestedet ved Rigshospitalet, således at passagerer med rejsekort kan få billetteret inden bussen ankommer og efter de er stået af. "Den Kvikke Vej" blev åbnet i september 2014.

Analysen i nærværende afsnit er baseret på de 3.242 ture fra Transportvaneundersøgelsen, hvor mindst et turendepunkt ligger indenfor 500 m luftlinie fra et af stoppestederne fra Blegdamsvej/Rigshospitalet til Haraldsgade. Udtrækket er således defineret ud fra stoppestederne på den del af strækningen, hvor bussen har eget tracé.

Materialet er opdelt i en "før"-periode, som omfatter tiden fra maj 2006 frem til og med august 2014¹. Herudover er der en "efter"-periode, som omfatter tiden fra oktober 2014 til og med december 2016. Længde og årstidsfordeling er dermed forskellige mellem før- og efterperioden, hvilket giver anledning til et mindre forbehold ved fortolkning af resultaterne. Perioderne vurderes dog ikke at påvirke konklusionerne, særligt når den tilsvarende generelle udvikling tages med i betragtningen.

¹ Førperioden indeholder byggeperioden. Eftersom den samlede længde af førperioden er 8 år og 4 måneder, hvoraf byggeperioden kun dækker en mindre del, vil vi her antage at selve byggeperioden kun har lille betydning for resultatet i 8 års gennemsnit.

I Tabel 2-1 nedenfor ses udviklingen i den samlede kollektive markedsandel, lokalt omkring strækningen, i sammenligning med tilsvarende markedsandele omkring stationer og totalt for kommunen. På grund af datamaterialets omfattende størrelse kan resultatet vises med decimal for den samlede kommune.

Tallene er beregnet som markedsandele, hvor det skal huskes at indbyggertallet og dermed det totale antal ture er stigende igennem perioden. Tallene dækker således over generelt stigende kollektive passagertal i kommunen.²

Tabel 2-1 Kollektiv markedsandel i København				
	Andel af ture		Andel af kilometer	
	Før	Efter	Før	Efter
A. Ture til/fra indenfor 500m fra stop på strækningen	16%	24% ³	34%	42% ³
B. Ture til/fra/i Københavns Kommune indenfor 500m fra station	23%	21%	38%	34%
C. Alle ture til/fra/i Københavns Kommune	19,5%	18,6%	33,5%	30,8%

Af tabellen fremgår det, at efter det BRT-lignende setup ved Nørre Campus er idriftsat, er den kollektive markedsandel markant øget på strækningen med 8 procentpoint både målt i andel af ture og kilometre. "Efter"-perioden for strækningen ved Nørre Campus er baseret på et lidt mindre antal observationer, hvilket betyder, at der er en større usikkerhed forbundet med opgørelsen af den kollektive markedsandel.

2.3 Aalborg busvej / Bertil Ohlins Vej

I 2012 blev der etableret en busvej/buskorridor i Aalborg fra Grønlands Torv/Th. Sauers Vej under motorvejen til Aalborg Universitet. Busvejen sikrer god fremkommelighed for busserne på strækningen. Herudover er der etableret busprioritering ved indkørslen til busvejen/buskorridoren i enden ved Grønlands Torv. Anlægget har således færre BRT-karakteristika end "Den Kvikke Vej", men har stadig en BRT-lignende karakter, som berettiger, at den er medtaget her.

Transportvaneundersøgelsen indeholder i alt 1206 ture, som ligger indenfor 500 meter af busstoppene på strækningen. Datagrundlaget er altså noget mindre i Aalborg i forhold til København. Nedenfor vises udviklingen i kollektiv trafik på strækningen i samme definitioner som ovenfor, idet der dog er set på data før/efter åbningen i december 2012.

² Udenfor rapportens tema ses det, at faldet i markedsandel er størst målt i kilometer. Dette beror på en forskellig udvikling i markedsandelene for korte og lange kollektive rejser.

³ "Efter"-perioden indeholder 557 observationer indenfor 500m fra strækningen. Andelene på 24% og 42% har dermed større usikkerhed end de øvrige.

Tabel 2-2 Kollektiv markedsandel i Aalborg

	Andel af ture		Andel af kilometer	
	Før	Efter	Før	Efter
A. Ture til/fra indenfor 500m fra stop på strækningen	13%	10%	18%	10%
B. Ture til/fra/i Aalborg Kommune indenfor 500m fra station	10%	13%	33%	32%
C. Alle ture til/fra/i Aalborg Kommune	6,5%	6,2%	14,9%	10,1%

Givet, at der kun er i alt 294 observationer indenfor 500m fra strækningen i "efter"-perioden, må det tilsyneladende fald i markedsandel tilskrives datamaterialets størrelse. Det er dermed uvist, om udviklingen i markedsandelen langs strækningen adskiller sig fra den generelle udvikling i kommunen.

2.4 Diskussion og konklusion

Beregningerne med Transportvaneundersøgelsen viser en klar stigning i den kollektive markedsandel ved "Den Kvikke Vej" etableret i København, mens resultatet for Aalborg busvej er mere uklart.

Dette resultat kan tolkes i retning af, at der er en effekt ved en systematisk etablering af BRT-elementer, som på Nørre Alle/Tagensvej. Omvendt peger resultaterne fra Aalborg på, at samme effekt ikke kan forventes i enhver situation.

Et muligt forklaringselement kunne være, at forholdene for biltrafikken med hensyn til trængsel mv. er ganske forskellige. – Tilsvarende kan anføres, at forholdene for cyklisterne også er forskellige i de 2 korridorer. En mulig konklusion er derfor, at virkningen af en BRT-løsning afhænger af omgivelserne og trafikforholdene i øvrigt.

Fremgangen i markedsandelen kan ikke ophøjes til en generel konklusion om, at BRT er ensbetydende med øget tilbøjelighed til at gå til et busstop. Som angivet i litteraturstudiet i Nielsen (2016) afhænger effekten af en højklasset BRT-løsning i høj grad af udgangspunktet og hvordan systemet lokalt implementeres. De største effekter i form af passagerfremgang og rejsetider er typisk opnået dér, hvor BRT-løsningen kører i eget tråce.

I analysen er anvendt en afstand på 500m i luftlinje til nærmeste stop for turens start eller slutpunkt. En mere detaljeret opdeling af afstande er ikke mulig, da antallet af observationer vil være for få i de enkelte bånd og dermed ikke give brugbare resultater.

Det er muligt at arbejde med en mere detaljeret afstandsopdeling i en regressionsanalyse, hvilket er temaet for det følgende afsnit 3.

3. Regressionsberegninger med Transportvaneundersøgelsen

I rapporten *Internationale og nationale erfaringer for effekten af forskellige typer højklasset kollektiv transport og tæthed til stationer og standsningssteder* (Nielsen, 2016) blev der gennemført en række analyser baseret på den danske Transportvaneundersøgelse. Resultatet af analyserne viste, at tilstedeværelsen af en togstation har stor indflydelse for valg af kollektiv transport. Særligt Metro og S-tog har et stort stationsopland, hvor effekten af stationen blev observeret i afstande op til 1200 meter. For højklassede busser var der indikationer af en mindre oplandseffekt indenfor 0-400 meter.

Dette afsnit bygger videre på denne analyse, med de samme komponenter. Dog anvendes nu en intervalinddeling på 200 meter i stedet for 400 meter for at få et mere detaljeret billede af, hvor stor en indflydelse afstanden til nærmeste stop af en given type har for valget af kollektiv trafik som transportmiddel. Valget af en finere intervalinddeling er sket for at kunne tage højde for en forskellig afstandsfølsomhed til busstop og jernbanestationer.

3.1 Resultater

3.1.1 Beskrivelse af data og forudsætninger

Datagrundlag og metode er stort set identisk med rapporten om nationale og internationale erfaringer fra 2016.

Fra Landstrafikmodellen er anvendt køreplansdata fra Hovedstadsområdet, som beskriver afgange og ankomster samt koordinater for stoppesteder. Data er hentet fra Landstrafikmodellens version 1.1, som indeholder køreplansdata fra en gennemsnitlig hverdag i november 2010.

Endvidere er der i denne analyse anvendt data fra Transportvaneundersøgelsen for Hovedstadsområdet for 2009-2011. I denne periode er der foretaget en ekstra stor dataindsamling, således at der samlet er anvendt 16.079 observerede ture.

Kollektive transportmidler i Hovedstaden er inddelt i et antal overordnede grupper:

- IC-reg (Regional- og IC-tog)
- Lokaltog (Lokalbaner)
- S-tog
- Metro
- Højklasset bus (A-bus, S-bus og andre højfrekvente busser)
- Restbus (Øvrige busser)

I analysen er turens endepunkter defineret ud fra hhv. hjemmet og aktivitetsstedet, da afstanden til nærmeste kollektive stop/station i begge ender af turen påvirker valget af transportform. Derudover bør det bemærkes, at i forhold til valg af transportmiddel kan det have stor betydning, om turen starter fra hjemmet eller ikke fra hjemmet (aktivitetsstedet).

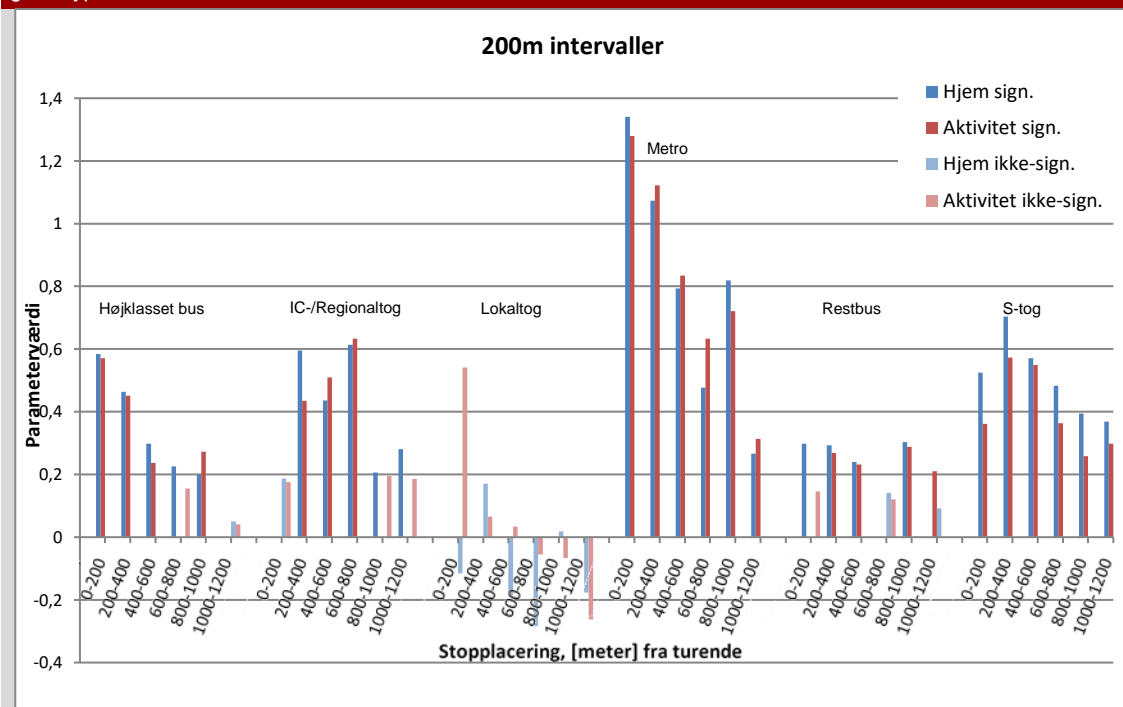
I analysen er anvendt en logistisk regressionsmodel, hvor der ved brug af en iterativ fremgangsmåde er testet hvilke parametre, der har signifikant betydning for modellen, og hvilke

parametre der ikke har. Den estimerede model bygger på en klassifikation af afstanden til nærmeste stop eller station af hver type (kollektiv transportmiddel). I rapporten *Internationale og nationale erfaringer for effekten af forskellige typer højklasset kollektiv transport og tæthed til stationer og standsningssteder* er der anvendt afstandsbånd opdelt i intervaller af 400 meter til nærmeste stop. I analysen er der anvendt afstandsbånd opdelt i intervaller af 200 meter, bl.a. for at få en vurdering af gradueringen. Ved disse kortere afstandsbånd kan tiltrækningskraften af forskellige kollektive transportmidler sammenlignes mere præcist.

Der henvises til rapporten *Internationale og nationale erfaringer for effekten af forskellige typer højklasset kollektiv transport og tæthed til stationer og standsningssteder* for en detaljeret beskrivelse af de data og forudsætninger, som ligger til grund for analysen og den anvendte regressionsmodel.

De primære resultater af betydningen af nærhed til stationer og stop er illustreret i **Error! Reference source not found.**, der viser estimer og signifikanser for afstandsbåndene i modellen. For hvert kollektive transportmiddel er der angivet, hvorvidt afstanden fra turende til et stop eller station har positiv eller negativ betydning for valget af kollektiv trafik. Bemærk, at figuren for hvert kollektive transportmiddel angiver både hvorvidt effekten er statistisk signifikant (90% signifikansniveau, kraftigt farvet søjle) eller ikke-signifikant (svagt farvet søjle). Modellen behandler hver tur to gange, idet der både undersøges effekten af afstanden til hjemmet og til aktivitetsstedet.

Figur 3-1 Signifikante og ikke-signifikante parametre målt som afstandsbånd fra turende til nærmeste stop af den givne type



De største effekter af nærhed til stationer ses for de to togtyper (metro, S-tog), hvor der ses positiv signifikans for alle afstandsbånd. Der ses størst effekt af nærhed til metrostationer (parameterværdier op til 1,34 ved metrostation indenfor 200 meter af turenden), og mindre effekt ved nærhed til S-togsstationer. Der ses for begge togtyper en aftagende effekt ved stigende afstand til nærmeste station fra turenden. For IC- og regionaltog ses en signifikant positiv effekt indenfor op til 800 meter af stationen, og helt op til 1200 meter for ture, der starter i hjemmet. Dog ses ingen positiv effekt i det nærmeste afstandsbånd indenfor 200 meter af stationen. Ligeledes ses der ingen signifikant effekt af nærhed til lokalbanestationer.

Det ses samtidig, at der er estimeret positive og signifikante værdier for et stort udsnit af busparametrene. Det gælder både højklasset bus og øvrige busser. For de korte afstandsbånd er effekten for højklasset bus næsten sammenlignelig med effekten for S-tog. Dette ses specifikt for det tætteste afstandsbånd, 0-200 meter, og i nogen grad for afstandsbåndet 200-400 meter. Eksempelvis ses parameterværdier for højklasset bus i afstandsbåndet 0-200 meter på ca. 0,58, hvilket er højere end den tilsvarende parameterværdi for S-tog på 0,52 og 0,36. Derudover ses for højklasset bus i øvrigt en aftagende tendens ved stigende afstande. Og der ses stadig en positiv og signifikant effekt op til 800-1000 meter fra turenden. For de øvrige busser ses en væsentligt mindre positiv effekt illustreret ved den lavere parameterværdi omkring 0,2-0,3.

I modellen er der – ud over parametrene relateret til nærheden til kollektiv stop og stationer – taget højde for effekten af diverse socio-økonomiske karakteristika. De pågældende parametre kan ses i Tabel 3-2 nedenfor. Her er medtaget parameterværdien (estimat) og signifikansniveauet. Bemærk, at negative parameterværdier betyder fravalg af kollektiv trafik. Eksempelvis ses, som forventet, at personer med kørekort vælger kollektiv trafik i mindre grad end andre, og at studerende vælger kollektiv trafik oftere end ikke-studerende. Derudover ses, at kollektiv trafik vælges oftere når turafstanden øges. Ved korte afstande er andre transportformer som eksempelvis gang og cykel mere dominerende.

Tabel 3-2 Estimat og signifikans af øvrige parametre

Parameter	Estimat	Pr > ChiSq
Intercept	-1,8717	<0,0001
Alder 0-14 år	-1,3619	<0,0001
Alder 15-25 år	0,5679	<0,0001
Køn (mand)	-0,3888	<0,0001
Turafstand	0,0286	<0,0001
Har kørekort	-1,8008	<0,0001
Indkomst, lav (<100.000)	0,0984	0,0854
Indkomst, høj (>400.000)	-0,5060	<0,0001
Beskæftigelse, studerende	0,3938	<0,0001

3.2 Diskussion og konklusion

Modellen viser, at det er muligt at anvende en modelbaseret inddeling af afstandene i 200 m bånd fra en af turenes endepunkter. Denne mere detaljerede inddeling gør det muligt at estimere mere detaljerede nærhedseffekter til tog og bus.

Modellen viser en effekt af at have et højklasset busstop tæt på en eller begge turens endepunkter, særligt på de korte afstande, hvor der opnås en næsten sammenlignelig effekt som med S-tog. Ud fra dette er det muligt at komme med anbefalinger for fastsættelse af stationsopland for de forskellige kollektive transportmidler.

Resultaterne for nærhed til højklassede busstop er baseret på de eksisterende busløsninger, primært A- og S-busser, som ikke kan betegnes som egentlig BRT. Man kan ikke konkludere direkte og entydigt for størrelsesorden af effekten af en fuldt implementeret BRT-løsning på basis heraf. Det kan dog udledes, at implementeres busløsninger med høj frekvens og høj rejsehastighed i et BRT-lignende koncept, der tilsammen giver velbetjente standsningsteder, vil dette øge oplandene og øge den kollektive trafiks attraktivitet.

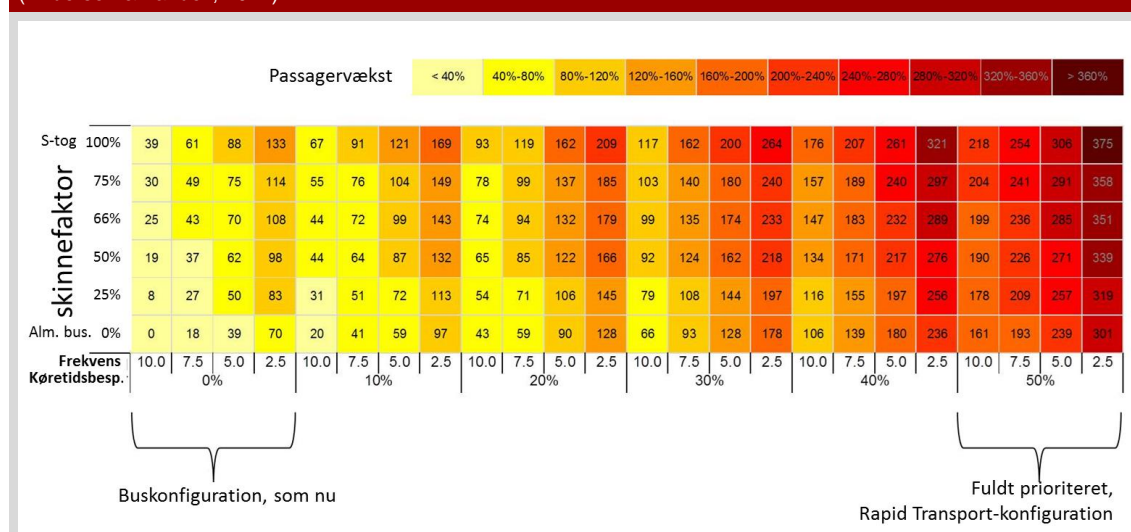
Regressionsberegningen er baseret på data fra Transportvaneundersøgelsen og er således begrænset til, hvad der kan udledes af eksisterende danske forhold. Dette kan imødegås ved en modelberegning med et scenarie, hvor BRT indgår. Denne type beregninger er temaet for næste afsnit.

4. Beregninger med Landstrafikmodellen

Modelberegninger kan være med til at udpege trafikale fordele og ulemper ved nye kollektive trafiksystemer som f.eks. BRT. Der er i tidligere analyser foretaget modelberegninger på gadebaserede transportsystemer, såsom BRT, bl.a. i (Andersen & Landex, 2012).

Her anvendtes en rutevalgsmodel til at undersøge effekten på passagertallet ved forskellige opgraderingstiltag på en case-strækning i København. Det blev konstateret, at typiske opgraderinger, der knytter sig til BRT som øget fremkommelighed og afgangshyppighed, resulterer i en relativ tydelig vækst i passagertallet. Også den såkaldte skinnefaktor blev undersøgt i forhold til passagerforøgelsespotentialet.

Figur 4-1 Beregnede passagerforøgelser ved opgradering af et gadebaseret kollektivt trafiksystem, som fx BRT (Andersen & Landex, 2012)



Figur 4-1 ovenfor viser et heat map over resultater fra beregningerne i (Andersen & Landex, 2012) - jo rødere, desto større passagervækst. På X-aksen går frekvensen i spænd fra 10 minutter mellem afgange til 2,5 minut mellem afgange. Rejsetidsforbedringerne går fra 0-50% reduktion i forhold til den eksisterende buslinje i case-korridoren.

Den såkaldte skinnefaktor er implementeret på Y-aksen i et spænd fra almindelig buspræference til S-togspræference - hvor 0% er ingen skinnefaktor (almindelig buspræference) og 100% er fuld skinnefaktor (S-togs-præference). Det er således muligt selv at vælge den ønskede skinnefaktor ud fra, hvad man forventer af systemet, eller se hvad forskellige præferencer gør for passagerattraktiviteten. Som det fremgår af figuren, kan der opnås signifikante beregnede passagerforøgelser ved at introducere opgraderinger.

I modelberegninger er det ofte kun muligt at give busser en og samme præference - dette gør sig også gældende for Landstrafikmodellen (LTM). Der kan derfor ikke skelnes mellem forskellige busprodukter og deres attraktivitet for kunderne. Fra (Andersen & Landex, 2012) kan forskellige grader af attraktivitet (skinnefaktor) aflæses på passagertallene. I forlængelse heraf kan det være interessant at undersøge, hvilken effekt det har, hvis et BRT-system kan opnå

samme grad af attraktivitet som en letbane. Dette undersøges videre i afsnittet ved brug af LTM, og der referes til denne tænkte konfiguration som BRT med "skinnefaktor".

4.1 Beregning af BRT-modificerede linjer

I det følgende benyttes Landstrafikmodellen (LTM) version 1.1, til at undersøge to BRT-systemer i Storkøbenhavn. LTM indeholder flere modelleringstrin, herunder efterspørgsel og rutevalg. LTM er, som navnet antyder, en model primært beregnet til undersøgelse af landstrafik og for nuværende ikke en regionalmodel. Derfor vil kun overordnede resultater blive taget i betragtning.

Trafikselskabet Movia har opstillet et forslag til to mulige BRT-linjer, som begge indebærer, at den eksisterende buslinje får et BRT-lignende forløb på en del af strækningen. Således omfatter forslaget for begge linjer en kombination af en eksisterende buslinje og med tilhørende BRT-stykke. De to linjer er indkodet i Landtrafikmodellen (LTM), hvor der er regnet på deres indvirkning i det kollektive net og deres effekter.

4.2 Konfiguration af BRT-modificerede linjer

Specifikt er der tale om buslinje 1A, der får et BRT-forløb i den sydvestlige del af linjen, fra Avedøre Holme til Ny Ellebjerg st. Resten af buslinje 1A fra Ny Ellebjerg/Toftegårds Plads til Hellerup st. fortsætter som den eksisterende 1A, dog med ændringer i afgangshyppigheden. Den samlede linje bliver her refereret til som buslinje **1A_BRT**.

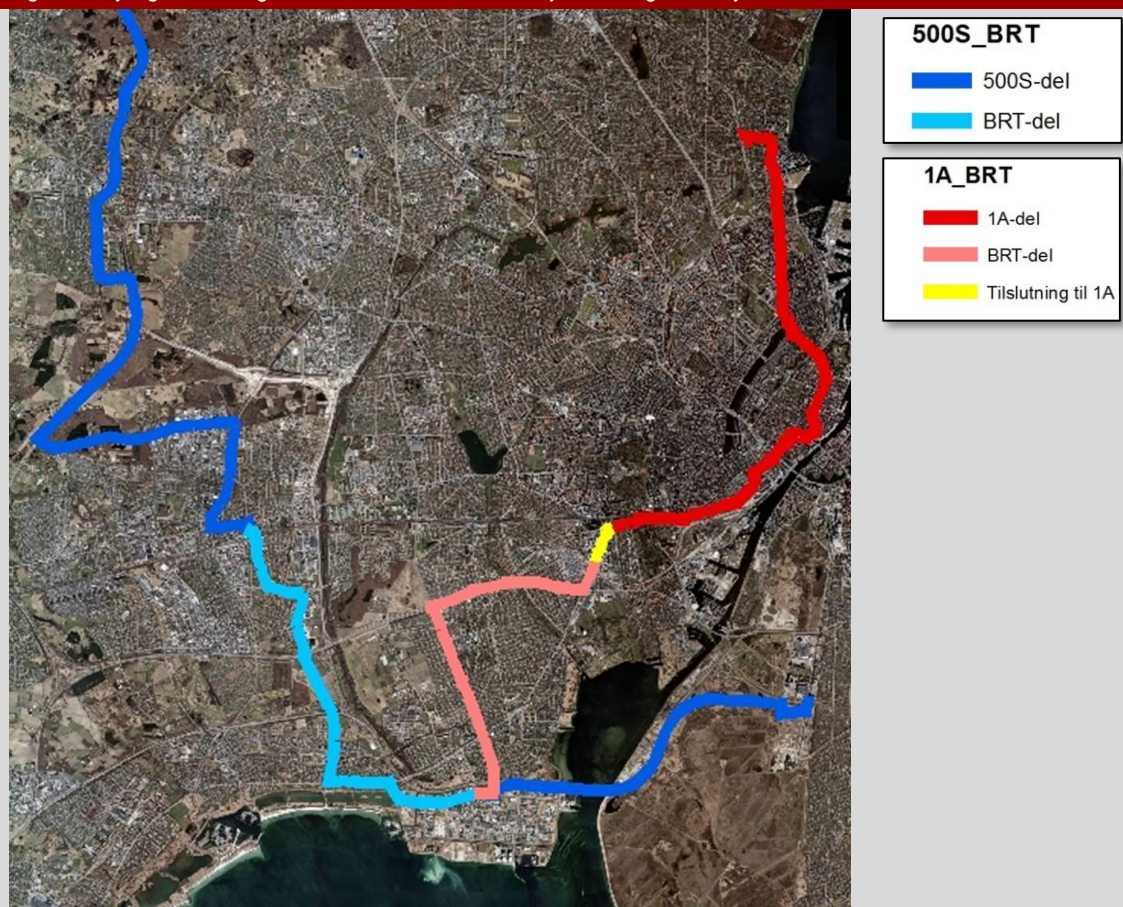
Den anden af de to buslinjer der er indeholdt i analysen er buslinje 500S der får et BRT-forløb i den sydlige del af linjen, mellem Glostrup st. og Avedøre Holme. Mellem Avedøre Holme og Ørestad st., og mellem Glostrup st. og Kokkedal st., kører 500S som den eksisterende bus, dog også med ændringer i afgangshyppigheden. Den samlede linje bliver her refereret til som buslinje **500S_BRT**.

I det følgende forudsættes, at de eksisterende busforløb svarer til ruten fastlagt i 2010. Dette år er nemlig basisår for LTM-beregningen.

4.2.1 Ruteføring

Den sydlige ruteføring af de to BRT-modificerede linjer, 1A_BRT og 500S_BRT kan ses nedenfor. Den nordlige ruteføring er identisk med ruteføringen af de eksisterende linjer, henholdsvis 1A og 500S.

Figur 4-2 Sydlige ruteføring af de to BRT-modificerede linjer der indgår i analysen



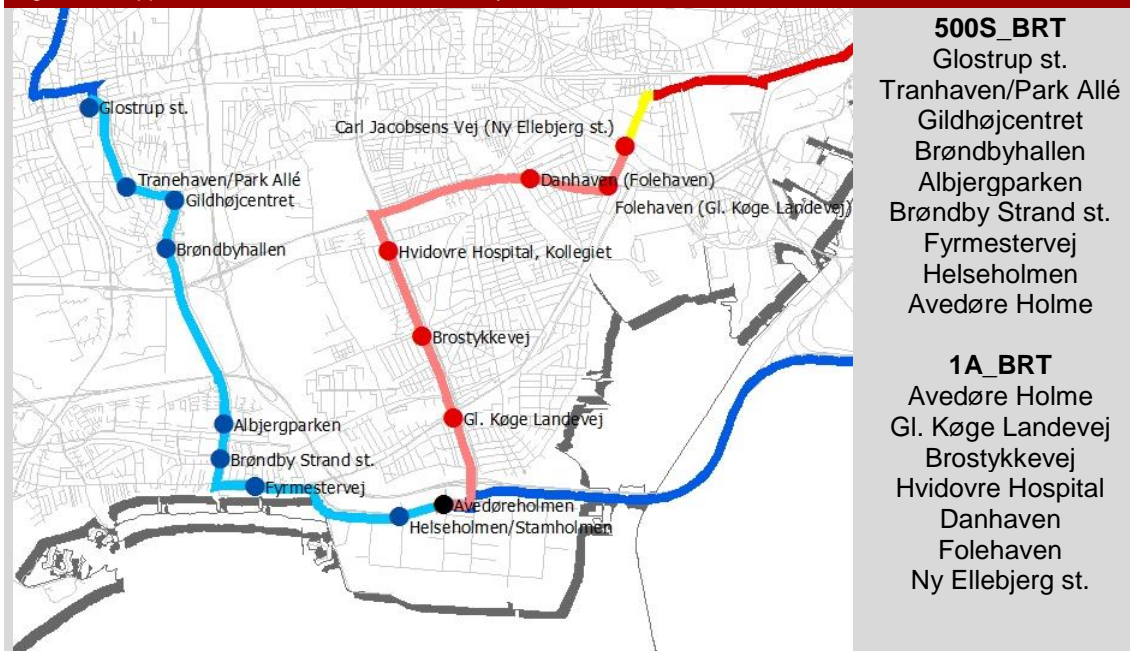
1A_BRT har forbundet sin BRT-del mellem Avedøre Holme og Ny Ellebjerg st. med den eksisterende bus 1A fra Toftegårds Plads og nordpå, via et kort forløb på Gl. Køge Landevej identisk med buslinje 18 (8A).

Det forudsættes derudover at buslinjen får forbindelse til Ny Ellebjerg st. fra broen over baneterrænet på Gl. Køge Landevej (bl.a. via trappeløb direkte til fjernperroner). Hvis bussen skal føres helt ind til Ny Ellebjerg st. for bedre skifteforhold til resten af terminalens linjer, bliver forløbet mere kringlet (og dermed langsommere). Begge løsninger kan i princippet lægges til grund for kommende analyser.

4.2.2 Stoppesteder

Stoppestederne for de eksisterende busdele af de BRT-modificerede buslinjer er fremkommet som den mest repræsentative linjevariant (den med flest afgang). Der er således ikke taget højde for "skæve" linjevarianter med kun ganske få afgang. Det betyder, at alle afgang for 1A_BRT forløber fra Hellerup st. til Avedøre Holme og alle afgang for 500S_BRT forløber fra Kokkedal st. over Glostrup st. til Avedøre Holme og Ørestad st. Stoppesteder for BRT-delen af de to linjer er angivet af Trafikselskabet Movia.

Figur 4-3 Stoppesteder for de BRT-modificerede linjer



4.2.3 Køretid

Køretiden for den eksisterende busdel af de to BRT-modificerede buslinjer er fremkommet ved en udvælgelse af en repræsentativ køretid i følgende tidsintervaller:

- Morgen: før 6.00
- Morgenmyldretid: 6.00-9.00
- Mellem myldretider: 9.00-14.00
- Eftermiddagsmyldretid: 14.00-18.00
- Aften: efter 18.00

BRT-delen af 1A_BRT er en helt ny ruteføring og køretiden til denne er angivet af Trafikskabet Movia. Tilslutningen til 1A på stykket mellem Carl Jacobsens Vej (Ny Ellebjerg st.) og Toftegårds Plads har fået samme køretid som daværende bus 18. BRT-delen af 500S_BRT har samme ruteføring som den eksisterende 500S. Køretiden mellem Glostrup st. og Avedøre Holme er af Trafikskabet Movia angivet som værende 14% lavere end den hurtigste repræsentative myldretidsafgang for den eksisterende bus 500S.

Køretiden på BRT-delene af 1A_BRT og 500S_BRT er forudsat ens over hele driftsdøgnet, og det er desuden forudsat, at stopmønster og køretid er den samme i begge retninger – overordnet og mellem stop.

Tabel 4-4 Køretider for BRT-delen af den BRT-modificerede buslinje 1A_BRT*

Stoppested	Nordøstgående	Sydvestgående
Avedøre Holme/Stamholmen	0 min	13,9 min
Gl. Køge Landevej (Avedøre Havnevej)	3,2 min	10,7 min
Brøstykkevej (Avedøre Havnevej)	5,1 min	8,8 min
Hvidovre Hospital, Kollegiet (Avedøre Havnevej)	7,0 min	6,9 min
Danhaven (Folehaven)	10,4 min	3,5 min
Folehaven (Gl. Køge Landevej)	12,6 min	1,3 min
Ny Ellebjerg st.	13,9 min	0 min

Tabel 4-5 Køretider for BRT-delen af den BRT-modificerede buslinje 500S_BRT*

Stoppested	Nordøstgående	Sydvestgående
Glostrup st.	0 min	13,8 min
Tranehaven (Park Allé)	3,5 min	10,3 min
Gildhøj Centret (Brøndbyøster Boulevard)	4,3 min	9,5 min
Brøndbyhallen (Brøndbyøster Boulevard)	6,1 min	7,7 min
Albjergparken	9,5 min	4,3 min
Brøndby Strand st.	10,4 min	3,4 min
Fyrmestervej (Gl. Køge Landevej)	11,2 min	2,6 min
Helseholmen	12,9 min	0,9 min
Avedøre Holme/Stamholmen	13,8 min	0 min

*For at få de mest præcise køretider i beregningen er de indlagt som decimaltal. I praksis vil en afrunding til nærmeste minuttal forekomme

Sammenlignes der med basisåret i modellen (2010), vil der opnås køretidsbesparelser som følge af BRT-opgraderingen. I nedenstående Tabel 4-6 fremgår køretiderne for BRT-strækningen i Basis og BRT-scenariet.

Tabel 4-6 Køretider over døgnet for 500S (Basis) og 500S_BRT (BRT-scenarie)

	Glostrup st. -> Avedøre Holme		Avedøre Holme -> Glostrup st.	
	Basis	BRT	Basis	BRT
Morgen	17 min	13,8 min	15 min	13,8 min
Morgenmyldretid	18 min		16 min	
Mellem myldretider	17 min		16 min	
Eftermiddagsmyldretid	18 min		16 min	
Aften	16 min		15 imin	

Køretiden for 500S_BRT mellem Glostrup st. og Avedøre Holme, var af Trafikselskabet Movia angivet som værende 14% lavere end den hurtigste repræsentative myldretidsafgang for den eksisterende bus 500S. Men det ses, at BRT-systemet også er hurtigere end den eksisterende bus i alle andre repræsentative tidsintervaller. Implementering af BRT-strækning på 500S betyder altså en opgradering af fremkommelighed - i forhold til den eksisterende situation - på alle tidspunkter af døgnet.

Køretidsbesparelsen for BRT-opgraderingen af bus 1A er ikke lige så nemt fremstillet, eftersom BRT-forløbet gennem Folehaven og via Gl. Køge Landevej er anderledes end bus 1A's forløb ad Vigerslev Allé i Basis. Hvis der inkluderes BRT-tilsutningen på Gl. Køge Landevej og sammenlignes mellem to fælles kontaktpunkter i stoppet Hvidovre Hospital, Kollegiet og Toftegårds Plads, bliver køretiderne som i nedenstående Tabel 4-7.

Tabel 4-7 Køretider over døgnet for 1A (Basis) og 1A_BRT (BRT-scenarie)				
	Hvidovre Hosp. Kollegiet -> Toftegårds Plads		Toftegårds Plads -> Hvidovre Hosp. Kollegiet	
	Basis	BRT	Basis	BRT
Morgen	13 min	13,9 min	11 min	13,9 min
Morgenmyldretid	14 min		13 min	
Mellem myldretider	14 min		13 min	
Eftermiddagsmyldretid	14 min		13 min	
Aften	13 min		12 min	

Det ses, at BRT-forløbet mellem Hvidovre Hospital, Kollegiet og Toftegårds Plads medfører langsommere eller kun marginalt hurtigere køretid end 1A mellem samme punkter i Basis. Det er dog uvist, hvor mange der rent faktisk benytter denne relation, og grundet det uens ruteforløb skal den marginale rejsetidsforskel mellem de to kontaktpunkter givetvis ikke tillægges større betydning.

4.2.4 Afgangshyppighed

Afgangshyppigheden for BRT-strækningerne er angivet af Trafikselskabet Movia og kan ses i nedenstående Tabel 4-8.

Tabel 4-8 Afgangshyppighed for de to BRT-modificerede linjer der indgår i analysen			
Tidsinterval		1A_BRT	500S_BRT
Kl. 05-18		10 afg./time	6 afg./time
Kl. 18-24		6 afg./time	3 afg./time
Kl. 00-05		2 afg./time	-

Hver af de BRT-modificerede linjer tildeles den samme frekvens for hele linjen. Således bliver frekvensen på de eksisterende dele af 1A og 500S altså også ændret i forhold til basissituationen.

Hverken 500S eller 1A havde i Basis 2010 en frekvens, der var så klart afgrænset som i ovenstående tabel, og de mange linjevarianter varierede i længde. Men overordnet kan det konstateres, at 500S_BRT opgraderes i service mellem myldretider, hvor der før kun var tre afgang i timen og i aftendriften, hvor der før kun var to afgang i timen. 1A_BRT bliver en smule nedgraderet i dagsdrift, da der før var 10-12 afgang i timen, til gengæld opgraderes der med natdrift.

Ovenstående trafikering implementeres, således at den pågældende frekvens træder i kraft på BRT-delen af linjen i de tidsintervaller, der er angivet. Dette er afgørende, eftersom en buslinje

som 500S_BRT har en køretid på halvanden time. Afgangsminuttallet fra første stop er fremkommet fra den eksisterende bus.

4.3 BRT med "skinnefaktor"

BRT med "skinnefaktor" dækker over et scenarie, hvor det ønskes at undersøge, hvilken effekt det implementerede BRT-system har, hvis det var kodet som et letbanesystem i Landstrafikmodellen. Det betyder, at BRT med "skinnefaktor"-scenariet er identisk med BRT-scenariet, når det kommer til den ovenstående konfiguration af linjer, ruteføringer, køreplaner mm. men at det tilføjes letbanepreference i LTM-beregningen i stedet for buspræference. På den måde bliver alt andet holdt lige, og det er kun den såkaldte skinnefaktor der undersøges.

Linjerne i BRT med "skinnefaktor"-scenariet refereres til som 500S_BRT_LRT og 1A_BRT_LRT.

4.4 Beregningsforudsætninger

Følgende tiltag er lavet for at få konfigureret Landstrafikmodellen og indkodet de to BRT-modificerede linjer:

4.4.1 Inaktive stop

Nogle af de udpegede BRT-stoppesteder er inaktive i Landstrafikmodellen. Det vil sige at de reelt ikke indgår i beregningen, da de hverken har zoneophæng eller skiftekanter. Disse stop er derfor sat aktive og der er oprettet zoneophæng til dem, så de ligner deres nabostop. Rejsetiden på zoneophængene er ligeledes sat så den passer med rejsetiden på naboophæng/stop

4.4.2 Avedøre Holme

Stoppet på Avedøre Holme er for begge BRT-modificerede linjer angivet som stoppestedet Avedøreholmen (Stamholmen). I 2010 anvendte buslinje 500S dog kun stoppet Avedøre Holme, Center Syd (Avedøre Havnevej), hvorfor 500S-delen mellem Avedøre Holme og Ørestad er ændret til at standse ved stoppestedet Avedøreholmen (Stamholmen) i stedet.

4.4.3 Ny Ellebjerg st.

I LTM findes ikke et stop på Gl. Køge Landevej ved broen over baneterrænet. I stedet bruges derfor det nærmeste stop Carl Jacobsens Vej. Rejsetiden på skiftekanter mellem Carl Jacobsens Vej og Ny Ellebjerg st. er nedsat fra 6-8 minutter til 2 minutter for at simulere at 1A_BRT får et godt skift til banelinjerne på Ny Ellebjerg station.

4.4.4 BRT med "skinnefaktor" konfiguration

Målet med denne beregning er at teste en opgradering af linierne, således at disse kan tilskrives en "skinnefaktor". Denne beregning har vist sig vanskeligere end ventet at gennemføre; dels fordi det ikke er muligt at brudstykker af en kollektiv linje er af én type transportmiddel, mens resten er af en anden; dels fordi efterspørgselsmodellen ikke umiddelbart understøtter scenarier, som udelukkende adskiller sig ved skinnefaktoren.

Det er trods disse restriktioner valgt at gennemføre beregningen med en række tilnærmede forudsætninger:

- Den samlede linje 500S hhv. 1A er tildelt skinnefaktor og forudsættes derfor i kvalitet som letbane for hele linjeforløbet. Dette giver en overestimation af effekten i forhold til et scenarie, hvor det kun er en delstrækning, som har BRT-standard.
- Selve trafikefterspørgslen i form af den kollektive trafikmatrice antages uændret mellem BRT og BRT med "skinnefaktor". Beregningen tager således kun højde for rutevalgseffekten ved en mere attraktiv linie, men ikke for påvirkningen af det samlede kollektive passagertal. Dette giver en underestimation af effekten.

Det er valgt at bringe resultaterne med disse forbehold. Det forventes, at en senere version af landstrafikmodellen vil kunne danne en fuldt korrekt beregning af efterspørgselseffekten.

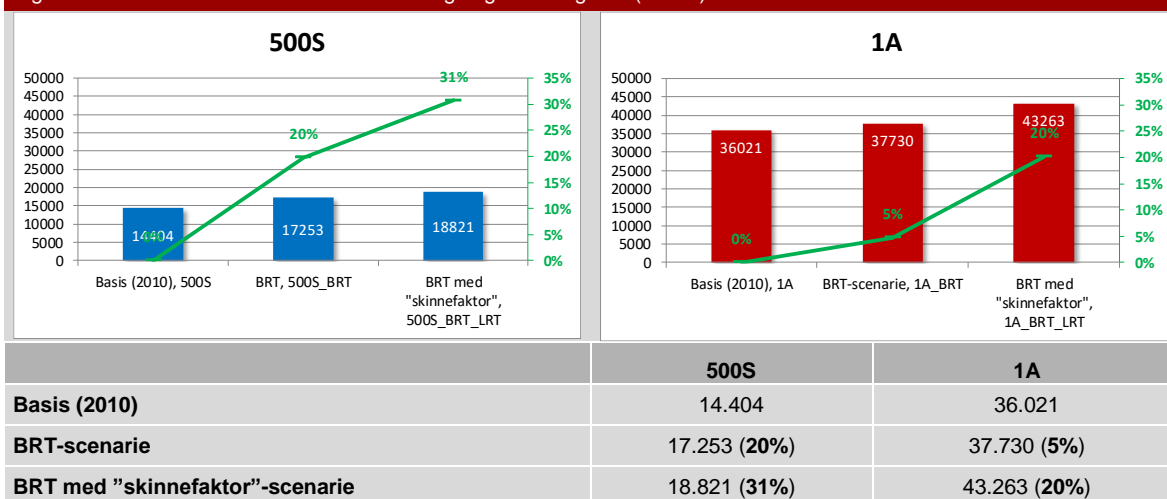
4.5 Modelresultater

Landstrafikmodellen er en national model og har for nuværende ikke regionsmodeller indbygget. Det betyder bl.a., at den er forholdsvis grov, hvad angår zonestruktur, også i de her berørte områder som Hvidovre og Glostrup. Det giver derfor mindre mening at analysere på specifikke resultater som f.eks. påstigere på hvert stop. Det er de mere overordnede nøgletal, som påstigertal på hele linjer og ændring i kollektive rejsende, som er relevante.

4.5.1 Passagertal for de BRT-modificerede linjer

Det er relevant at analysere på passagertallet af de modificerede BRT-linjer med henblik på at vurdere om deres tiltrækning er god, og om der fremkommer en passagerforøgelse i forhold til de eksisterende buslinjer. Nedenfor ses passagertal (HVDT) for de to BRT-modificerede buslinjer, som de er beregnet i LTM. Ligeledes ses passagertal for de to BRT-modificerede buslinjer beregnet med letbaneparametre i LTM. Til sammenligning præsenteres også passagertallet for de eksisterende buslinjer i 2010.

Figur 4-9 Resultater fra Landstrafikmodelberegning - Passagertal (HVDT)



Passagertallet for de to undersøgte linjer stiger i BRT-scenariet med **20%** for 500S og **5%** for 1A, set i forhold til basissituationen.

Det ses, at begge linjer opnår et yderligere løft i passagertal ved at få tilføjet en "skinnefaktor", men at forholdet mellem hvad der opnås i de 2 typer scenarier er forskellig for de 2 linjer.

Linje 500S er beregnet til 20% flere passagerer uden "skinnefaktor", hvilket formentlig primært skal tilskrives køreplansforbedringerne på linien. Med indsættelse af "skinnefaktor" opnår linje 500S yderligere cirka 9% passagerer.

Linje 1A er beregnet til 5% flere passagerer uden "skinnefaktor". Dette resultat er muligvis en konsekvens af den ændrede linieføring i Hvidovre. I basissituationen kører 1A (som nu) ad Vigerslev Allé til Hvidovre hospital, mens 1A_BRT kører ad Gl. Køge Landevej og Folehaven. Det er muligt at det, der vindes ved den nye ruteføring, næsten vejes op af tabet ved at lukke den højfrekvente betjening af Vigerslev Allé. En anden forskel er at buslinje 1A i 2010 har op til 12 afgange i timen i det meste af dagsdriften (5-6 min. frekvens), hvor den BRT-modificerede 1A_BRT kun har 10 afgange i timen.

Den eksisterende buslinje 1A er altså en smule mere højfrekvent end den BRT-modificerede 1A_BRT i dagtimerne. Dette kan være rimeligt hvis BRT her indebærer større busenheder, men der er stadig tale om en serviceforringelse, og det kan være en væsentlig årsag til den moderate passagerstigning for 1A_BRT.

Med indsættelse af "skinnefaktor" opnår linje 1A yderligere cirka 15% passagerer.

For begge de beregnede linjer må passagertallet forventes at ligge imellem prognosen med og uden "skinnefaktor", idet BRT netop indeholder nogle af - men ikke alle - de elementer, som kendetegner et togsystem.

4.5.2 Betydning for det samlede kollektive passagertal

Det er også relevant at analysere det samlede antal af rejser i det kollektive trafiksystem for hele Danmark, før og efter, da det kan indikere om et givent scenarie er i stand til at tiltrække nye passagerer til kollektiv trafik. I nedenstående Tabel 4-10 ses en opgørelse over antallet af rejsende i det kollektive trafiksystem i basissituationen og i situationen, hvor de BRT-modificerede linjer er implementeret.

Tabel 4-10 Resultater fra LTM-beregning - Rejser i det samlede kollektive trafiksystem i Danmark på en typisk hverdag

	Antal	Nye rejser
Basis (2010)	1.592.328	-
BRT-situation*	1.593.255	927

* dette er baseret på BRT-konfiguration i sig selv og der skelnes ikke mellem BRT og BRT med "skinnefaktor" da Landstrafikmodellen endnu ikke kan adskille de to situationer.

Der kommer **927** flere rejser i det kollektive trafiksystem ved indførelsen af et BRT-strækingsforløb på linjerne 1A og 500S.

4.6 Diskussion og konklusion

Begge de betragtede buslinjer ses at opnå passagerstigninger ved overgang til BRT-drift.

Ved sammenligning med resultaterne for rejser i det samlede kollektive trafiksystem (Tabel 4-10) ses, at hovedparten af disse rejser er overflyttet internt i den kollektive trafik, mens stigningen i den samlede kollektive trafik udgør cirka 927 rejser pr hverdagsdøgn.

Overordnet kan det konkluderes, at skal en BRT-implementering beregningsmæssigt udvise væsentlige passagerforøgelser, er opgraderinger af fremkommelighed og frekvens nødvendige tiltag. Men dette viser kun de målbare effekter fra LTM.

Der findes andre effekter som også bidrager til passagervækst ved opgradering til BRT, såsom forbedret regularitet, bedre stoppestedsforhold, enkelthed og letforståelighed for kunderne, branding og synlighed i gaderummet, bedre busprodukter mm. Disse effekter kan ikke undersøges beregningsmæssigt med LTM, men må ikke negligeres i den afsluttende kvalitative vurdering. Hvis BRT-systemet skal opnå sit fulde potentiale, må der arbejdes med en samlet palet af tiltag og disse bør specifikt målrettes den konkrete korridor.

5. Konklusion og videre arbejde

I de forudgående afsnit er passagereffekten ved BRT-buslinjer analyseret ved 3 forskellige tilgange. Med alle 3 tilgange kan der dokumenteres en positiv virkning på passagertallet.

Afhængig af forudsætninger er der fundet passagerstigninger ved BRT på fra ganske lidt, op til 20-30% vækst. Generelt kan det siges, at de største stigninger knytter sig til systematiske og "helhjertede" tiltag, hvor der gennemføres forbedringer på hele linjen i et markant omfang.

Resultaterne for "Den Kvikke Vej" og for Landstrafikmodellen for linje 1A med BRT uden "skinnefaktor" bekræfter dog, at også mindre tiltag med opgradering af dele af en strækning kan have en god effekt. Begge disse resultater viser passagerfremgange på 5-10%, for tiltag i håndfladen af Storkøbenhavn.

Resultaterne for Aalborg busvej og for linje 500S peger på, at effekten må forventes at afhænge af forudsætninger for det enkelte projekt, både i form af eksisterende bustrafik og trafikforholdene i øvrigt. Det er ikke muligt med dette begrænsede materiale at udtale sig om præcis, hvilke faktorer, som er vigtigst i sammenhængen.

En gentagelse af beregningerne med Transportvaneundersøgelsen (afsnit 2) i sommeren 2019 vil kunne styrke grundlaget, idet opgraderingen af linje 5A til 5C da kan medtages, og samtidigt kan der tilføjes yderligere 2 år som "efter"-periode for "Den Kvikke Vej" og Aalborg busvej. Omtrent samtidigt vil de første data fra Aarhus Letbane kunne anvendes til et bedre estimat for virkningen af Letbaner i Danmark.

Konklusionerne i denne rapport indikerer, at opgradering af busnettet med betjening af oplande i et BRT-lignende koncept giver betydelige passagereffekter, som nærmer sig et niveau der kunne gælde en station med en lidt "langsommere togbetjening". Resultaterne peger i retning af, at implementering af en højklasset BRT-løsning eventuelt ville kunne kvalificere til en grad af stationsnærhed under visse forhold.

Der er dog som det fremgår en række beregningsmæssige forudsætninger, der vil skulle vurderes nærmere og gennemgå en dybere analyse.

Opstilling af yderligere scenarier for BRT-løsninger og letbanelignende trafiklinjer med højklassede standsningssteder er i fokus med anvendelse af en opdateret version af LTM. Nyttiggørelse af resultater fra igangværende forskningsstudier af skinnefaktoren vil også skulle ske over det kommende år.

6. Referencer

Andersen, Jonas Lohmann Elkjær & Landex, Alex (2012). Performance measurements for on-street Rapid Transit systems. DTU Transport

Anderson, Marie Karen (2013). Behavioural Models for Route Choice of Passengers in Multi-modal Public Transport Networks. PhD afhandling. Danmarks Tekniske Universitet.

Dyrberg, M.B., Christensen, C.B. (2015). Transfers in Public Transport Route Choice. Kandidatspeciale. DTU Transport.

Halldórsdóttir, K. (2015). The effects of cycling policies. Submitted PhD afhandling, DTU Transport.

Nielsen, O. A., Anderson, M. K., Ingvardson, J. B., Andersen, J. L. E., Christiansen, H., Halldórsdóttir, K., & Wibrand, J. (2016). Internationale og nationale erfaringer for effekten af forskellige typer højklasset kollektiv transport og tæthed til stationer og standsningssteder. DTU Transport.